

氏 名	大杉 朗隆		
学 位 の 種 類	博士（工学）		
学 位 記 番 号	第 5615 号		
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項		
学 位 論 文 名	既設下水道幹線カルバートの力学挙動と 老朽後の復旧設計法に関する研究		
論文審査委員	主 査 教 授 東田 淳	副 査 教 授 大内 一	
	副 査 教 授 山口 隆司	副 査 准教授 大島 昭彦	

## 論 文 内 容 の 要 旨

既設下水道幹線カルバートの土圧・変形挙動(断面方向)の実態は不明な点が多く、現行設計法の実際の適用性も明確でない。また老朽化した既設カルバートを更生した幹線カルバートについても合理的設計法は存在しない。そこで本論文では、既設幹線カルバートの常時、地震時の土圧・変形挙動の実態を遠心実験と弾性 FE(有限要素)解析によって明らかにし、更生後のカルバートの合理的設計法を提案した。

第 1 章では、更生前および更生後の幹線カルバートについて、常時荷重および地震時荷重に対する安全性を照査する現行設計法の現状と力学挙動に関する既往の研究について述べ、更生前、後とも幹線カルバートの力学挙動の実態が不明であり、現行設計法の適用性に問題があることを指摘し、実態を反映し得る合理的設計法の構築の必要性を述べた。

第 2 章では、盛土型埋設された円形、馬蹄形、矩形の既設幹線カルバート(更生前)の常時力学挙動(土圧と変形)を、地盤条件や埋設条件などの要因を系統的に変化させた遠心実験と実験に対する弾性 FE 解析によって調べ、各要因の影響水準を定量化するとともに、弾性 FE 解析が実験結果を良く近似することを確かめた。そして、実験結果と現行設計基準による予測の比較から、現行設計基準が既設カルバートの常時力学挙動の実態を反映しておらず、特に円形カルバートに生じる変形を過大に予測することを指摘した。

第 3 章では、盛土型埋設された既設幹線カルバート(更生前)のレベル 2 相当強震動時の動的挙動を、地盤条件や埋設条件などの要因を系統的に変化させた動的遠心実験と実験に対する弾性 FE 解析によって調べ、各要因の影響水準を正確に把握するとともに、弾性 FE 解析が実験結果をうまく近似することを確かめた。そして、実験結果から本研究で初めて測定されたカルバートに作用する動的せん断土圧は極めて小さく、カルバートの地震時挙動を支配する要因となり得ないことを明らかにした。これに対して、現行耐震設計法はカルバートに作用するせん断土圧が地震時挙動を支配すると仮定しているため、予測結果は実験結果と合わず、したがって現行耐震設計法が想定するカルバートの地震時挙動メカニズムに基本的な問題があることを指摘した。

第 4 章では、老朽化した下水道幹線カルバートの復旧方法と更生した幹線カルバートの設計法について論じた。まず、老朽化した幹線カルバートに適用すべき更生工法が、挿入管工法と製管工法に限定され、これらの工法で更生されたカルバートの構造系が二層構造であることを指摘した。そして、これらの更生工法で既設カルバートの内側に築造された円形ライナー管が、既設カルバートに変形を拘束された状態で、地下水圧によってバックリングすると想定した設計法を提案し、バックリング時のライナー管の厚さの比較から提案設計法の妥当性を確かめた。さらに、既設カルバートが経年劣化によって曲げ剛性を完全に失った終局状態において、地中に残されたライナー管が輪荷重と地震力の付加応力に対して安全性を確保する条件を遠心実験により確認した。

第 5 章では、第 2 章から第 4 章で得られた結論をまとめた。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

既設下水道幹線カルバートの土圧・変形挙動(断面方向)の実態は未解明で、現行設計法の実際の適用性も明確でない。また老朽化した既設カルバートを更生した幹線カルバートについても合理的設計法は存在しない。

本論文は、遠心実験と弾性 FE(有限要素)解析によって既設幹線カルバートの常時、地震時の土圧・変形挙動の実態を明らかにし、更生後の幹線カルバートの安全性を照査する合理的設計法を提案している。

まず、盛土型埋設された円形、馬蹄形、矩形の既設幹線カルバート(更生前)の常時ならびにレベル 2 相当強震動時の力学挙動(土圧と変形)を、地盤条件や埋設条件などの要因を変化させた遠心実験と弾性FE解析によって調べ、各要因の影響水準を把握し、弾性FE解析が実験結果をうまく近似することを確かめている。そして、実験結果と現行設計基準による予測の比較から、現行設計基準が既設カルバートの常時および地震時の力学挙動の実態を反映できないこと、特にカルバートの地震時挙動を予測する現行耐震設計法は、カルバートに作用するせん断土圧が地震時挙動を支配すると仮定しているのに対して、実際のせん断土圧は極めて小さく、カルバートの挙動を支配する要因となり得ないことを明らかにし、現行耐震設計法に基本的な問題があると指摘している。

次いで、更生後の幹線カルバートの復旧工法と設計法について論じ、老朽化した幹線カルバートに適用可能な更生工法が挿入管工法と製管工法に限定され、両工法で更生されたカルバートが二層構造として挙動することを確認している。そして、両工法によって既設カルバートの内側に築造された薄肉円形ライナー管が、既設カルバートに変形を拘束された状態で、地下水圧によってバックリングすると想定した設計法を提案し、既設カルバートが経年劣化によって曲げ剛性を完全に失って、ライナー管が地中に残された終局状態においてバックリングする条件における管厚比較から、提案設計法の妥当性を確認している。さらに、終局状態において地中に残されたライナー管が輪荷重と地震力の付加応力に対して強度的に安全性を確保する条件を遠心実験により確かめている。

以上のように、本論文は、これまで明確でなかった既設カルバートおよび更生後のカルバートの力学挙動の実態を明らかにし、実態を反映した更生カルバートの合理的な設計法を提案しており、地盤工学および埋設管工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格を有するものと認める。